
13

Évaluation des déficiences au regard de la clinique

L'évaluation des déficiences relatives au TDC dans les domaines neuropsychomoteur et neuropsychologique est cruciale pour le diagnostic de TDC ainsi que pour la compréhension de ce trouble et de la variabilité qu'il recouvre. En effet, si le diagnostic de TDC est porté principalement en cas de déficience dans les aptitudes motrices interférant dans les activités quotidiennes de la vie familiale, sociale, scolaire ou communautaire, il apparaît cependant des spécificités et des dysfonctionnements associés au TDC qui sont, ou non, à distinguer d'une éventuelle comorbidité. Ce chapitre présente une revue de littérature concernant l'évaluation des déficiences relatives au TDC dans le domaine neuropsychomoteur et neuropsychologique afin d'apporter des éléments pour identifier ces spécificités. Cette revue montre que le TDC apparaît marqué par la coexistence de déficiences variables selon les études, sans toutefois de désaccord majeur entre les auteurs.

La déficience est définie, selon le *Guide-barème pour l'évaluation des déficiences et incapacités des personnes handicapées* (art. Annexe 2-4 du Code de l'action sociale et des familles), comme « toute perte de substance ou altération d'une structure ou fonction psychologique, physiologique ou anatomique. La déficience correspond à l'aspect lésionnel et équivaut, dans la définition du handicap, à la notion d'altération de fonction. »

Les déficiences neuropsychomotrices d'une part et neuropsychologiques d'autre part concernent un déficit d'une ou de plusieurs fonctions mentales supérieures dans le cerveau.

Les déficiences neuropsychomotrices (Vaivre-Douret, 2009) relèvent des domaines neuromoteur et psychomoteur. Ce sont essentiellement celles qui relèvent de l'organisation du tonus passif (ballant et extensibilité des membres, réflexes) et du tonus actif (épreuves de syncinésies⁶⁵ et de

65. Contraction involontaire d'un muscle ou d'un groupe de muscles apparaissant alors qu'un autre mouvement volontaire ou réflexe est effectué.

diadococinésies⁶⁶) participant à la neuromotricité, de l'organisation de la motricité globale (coordination statique et dynamique) et fine (coordination bi-manuelles, habiletés), des praxies gestuelles et des gnosespraxies (imitation de gestes), du schéma corporel et de l'intégration de l'orientation du corps (droite/gauche), de la latéralité, de l'organisation et de la structuration spatiale (notions dessus, dessous, etc.) et temporelle dont l'adaptation aux rythmes, de la sensorimotricité (gnosies digitales tactiles, kinesthésie), et du graphisme dont l'écriture.

Les déficiences neuropsychologiques touchent plus spécifiquement les fonctions cognitives comme l'attention (auditive et visuelle, visuo-spatiale), la mémoire auditive immédiate et de travail, la mémoire visuelle et visuo-spatiale, la planification mentale, la flexibilité et l'inhibition (appartenant aux fonctions exécutives), l'intégration visuo-motrice et visuo-spatiale, la structuration ou la construction motrice visuo-spatiale, les gnoses visuelles, le langage oral et écrit et l'efficacité intellectuelle mesurée par un test de quotient intellectuel (QI).

En clinique, la fonction neurovisuelle est souvent associée essentiellement avec la recherche de déficit de l'oculomotricité et de la perception visuelle ou/et visuo-spatiale pouvant entraîner des déficiences neuropsychologiques plus spécifiques (Mazeau, 1995).

Le corpus analysé

Notre revue de littérature a porté sur une première sélection de 52 articles⁶⁷. Nous avons exclu les articles qui ne concernaient pas spécifiquement le TDC ou les troubles de la coordination, qui ne traitaient pas spécifiquement de l'évaluation des déficiences, et/ou qui ne répondaient pas à une méthodologie scientifique en rapportant des observations non validées ou en présentant d'importants biais méthodologiques dans les critères d'inclusion⁶⁸. Sur les 52 articles initiaux, nous avons ainsi retenu 19 recherches originales : 16 études concernent une population d'enfants d'âge scolaire ou préscolaire,

66. Aptitude naturelle à exécuter rapidement et alternativement des mouvements opposés, par exemple, la réalisation des mouvements alternatifs rapides de pronosupination du poignet (complexe de mouvements permettant une rotation du poignet).

67. Voir Annexe 2 pour la description de la constitution du corpus bibliographique.

68. Les quelques études portant sur l'adulte ont été exclues car elles présentaient des biais méthodologiques, notamment concernant les critères d'inclusion des groupes porteurs d'un TDC qui étaient peu explicites et parfois peu rigoureux. L'étude Tal-Saban et coll. (2012) effectuée par exemple le diagnostic des adultes porteurs d'un TDC uniquement par le biais d'un questionnaire. Dans l'étude de Cousin et Smith (2003), les critères d'inclusion sont soit un diagnostic de TDC effectué pendant l'enfance, soit des réponses correspondant à la description du TDC à un entretien anamnestique effectué au moment de l'étude.

1 étude concerne spécifiquement des enfants prématurés, et 2 études concernent une population d'adolescents. Les articles retenus portent sur l'évaluation des compétences et déficiences principalement motrices et graphiques, mais également cognitives en particulier concernant le niveau intellectuel (Coleman et coll., 2001 ; Boudia, 2011 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012) et les fonctions exécutives (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012 ; Toussaint et coll., 2013 ; Vaivre-Douret et coll., 2016). Les fonctions évaluées et les tests utilisés dans chaque article portant sur une population d'enfants sont reportés dans le tableau 13.I (présenté en fin de chapitre).

Ce corpus bibliographique présente diverses limites qui appellent à une certaine prudence dans l'interprétation des résultats. Tout d'abord, la majorité des études évaluent une ou quelques fonction(s) isolée(s) et ne permettent pas une compréhension globale du trouble et de ses causalités sous-jacentes. Seules quelques études (Watter et coll., 2008 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012) s'intéressent à évaluer l'association de plusieurs fonctions appartenant aux domaines neuromoteur, psychomoteur, neuropsychologique, neurovisuel, et/ou langagier.

Par ailleurs, il existe un biais méthodologique notable dans la plupart des études qui est la faible puissance statistique des échantillons d'enfants présentant un TDC majoritairement constitués que d'une vingtaine d'enfants (tableau 13.I). En outre, une analyse de la méthodologie employée dans l'ensemble des études souligne les ambiguïtés précédemment évoquées concernant la définition et les critères diagnostiques relatifs aux déficiences du TDC. En effet, la constitution des groupes d'enfants porteurs d'un TDC est variable selon les études. La majorité d'entre elles utilisent pour cela la MABC (Henderson et coll., 1992) ou MABC-2 (Henderson et coll., 2007), mettant en évidence des performances motrices plus faibles chez ces enfants. Cependant, le seuil utilisé pour classer les enfants est variable selon les études, allant d'un score inférieur au 5^e percentile à un score inférieur ou égal au 15^e percentile. De plus, certaines études constituent les groupes d'enfants en se basant sur les nosographies internationales (DSM-IV ou DSM-5), tandis que d'autres ne précisent pas leurs critères de classification (tableau 13.I). Dans tous les cas, la majorité des études n'utilise que peu d'outils d'évaluation des fonctions cérébrales pour isoler les groupes d'enfants porteurs d'un TDC, ce qui ne permet pas une compréhension suffisamment fine du trouble et a pour conséquence la constitution de groupes d'enfants hétérogènes, marqués parfois par la présence de comorbidités tels que des troubles attentionnels. Le TDC apparaît ainsi comme une étiquette regroupant tous les troubles de la coordination dont les étiologies peuvent être

variables. Ainsi Kirby et coll. (2010) mettent en évidence, au sein de leur échantillon d'enfants, la présence de troubles de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H). Seules quelques études utilisent des critères d'exclusion permettant d'isoler le TDC du TDA/H (Sinani et coll., 2011 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012, Prunty et coll., 2013) ou de troubles du langage (Sinani et coll., 2011 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012 ; Toussaint et coll., 2013). Hill et coll. (1998) dissocient des groupes d'enfants porteurs d'un TDC et des groupes d'enfants porteurs d'un trouble spécifique du langage oral (TSLO) et mettent en évidence des dysfonctionnements similaires dans ces deux groupes concernant l'affirmation ainsi que la préférence manuelle et les capacités de représentation du geste.

Les déficiences neuro-psychomotrices

Une majorité d'études analysées s'intéresse ainsi aux déficiences des fonctions motrices fines et plus spécifiquement de l'écriture. Comme mentionné dans le chapitre spécifique sur les impacts du TDC sur l'écriture, les auteurs mettent en évidence une dégradation de la qualité d'écriture et une plus grande variabilité temporelle de l'écriture chez les enfants porteurs d'un TDC avec des temps de pause sur papier et en l'air plus élevés que ceux des enfants typiques (tableau 13.I). Seuls Rosenblum et coll. (2013) mettent en évidence une atteinte des éléments spatiaux de l'écriture, mais leur étude portant sur l'écriture arabe, les résultats peuvent difficilement être comparés à ceux des études portant sur l'écriture occidentale cursive ayant des caractéristiques spatio-temporelles différentes. Il en est de même concernant une seconde étude de Rosenblum et Livneh-Zirinski (2008) qui s'intéresse à l'écriture hébraïque. Selon Bo et coll. (2014), les difficultés d'écriture chez les enfants porteurs d'un TDC sont corrélées à des faibles scores aux épreuves d'intégration visuo-motrice (Beery-VMI) et à l'épreuve graphique visuo-motrice du MABC-2 (trajet à suivre avec un stylo). Ces résultats portent cependant sur un faible échantillon d'enfants présentant un TDC ($n = 7$) et pour lequel l'unique critère diagnostique utilisé est l'obtention d'un score inférieur au 15^e percentile au MABC-2. Selon Prunty et coll. (2013), la lenteur d'écriture repérée chez ces enfants est due à des temps de pauses élevés plutôt qu'à une lenteur du tracé effectif des lettres. Il est cependant à noter que parmi les 28 enfants présentant un TDC de l'échantillon, 7 obtiennent un score d'hyperactivité élevé à l'échelle de comportement *Strengths and Difficulties Questionnaire* (SDQ ; Goodman, 1997) utilisée par les auteurs. Par conséquent, il apparaît difficile de discriminer si les temps de pause élevés sont

liés à un trouble attentionnel chez ces enfants ou à leurs difficultés spécifiquement associées au TDC. L'étude de Jolly et coll. (2010) met en évidence une dégradation de l'écriture plus marquée en tâche de dictée, reflétant des difficultés de représentation mentale. Les résultats de cette étude sont cependant difficilement généralisables puisqu'ils ne s'appuient que sur une étude de cas d'une enfant porteuse d'un TDC. De façon générale le trouble de l'écriture reste majoritairement associé au TDC, 87 % selon O'Hare et Khalid (2002) et 88 % selon Vaivre-Douret et coll. (2011b) sans pour autant que l'on comprenne la nature des difficultés d'écriture qui restent à être mieux explorées. Les tests utilisés comme le BHK sont à interpréter avec prudence quant au caractère dysgraphique. En effet, le diagnostic de dysgraphie est souvent vite posé sur un seul test et parfois avec une dégradation portant sur la vitesse plutôt que la qualité de l'écriture avec pour conséquence de conclure à un trouble neuropsychologique empêchant l'acte d'écrire. Dans l'étude de Lopez et coll. (2016b), il apparaît 89 % de troubles de l'écriture chez des enfants et adolescents entre 5 et 15 ans porteurs d'un TDC mais seulement 20 % seraient concernés par une véritable dysgraphie qui relèverait d'un trouble de l'organisation spatiale des lettres et du contrôle moteur. Force est de constater que dans la majorité des études, ce dernier point n'est jamais exploré simultanément avec un test de l'écriture ni avec la composante de la maturation de l'organisation du niveau de coordination segmentaire du geste pour écrire (participation du tronc, épaule, coude, poignet, doigts) qui a une caractéristique développementale pourtant à prendre en compte (Lopez et coll., 2016a).

Sur le plan des apprentissages scolaires, si beaucoup d'études mettent en évidence un trouble de l'écriture (tableau 13.I), il apparaît aussi des difficultés avérées recensées en mathématiques (pose des opérations, doubles tableaux, etc.) et particulièrement en géométrie (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b).

Les déficiences concernant la planification motrice apparaissent également prépondérantes. La planification motrice renvoie au processus cognitif permettant d'organiser le geste en prenant en compte d'une part les informations sensorielles de l'environnement (tactiles, visuelles et auditives) et de son propre corps, et d'autre part, les paramètres spatiaux (amplitude, etc.) et temporels pour la réalisation du geste (vitesse, etc.). Les auteurs mettent en évidence des difficultés dans la reproduction de gestes transitifs⁶⁹ et intransitifs⁷⁰

69. Gestes qui miment l'usage de l'objet sans objet comme planter un clou.

70. Gestes qui n'impliquent pas la manipulation d'objets réels comme dans les gnosopraxies d'imitation de gestes arbitraires tel que entrelacer en forme d'anneau le pouce et l'index de chaque main.

(Sinani et coll., 2011 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012) marquées par des erreurs dans le séquençage du mouvement (Hill et coll., 1998) ainsi que des difficultés de planification, d'exécution et de correction du mouvement (Kirby et coll., 2010). Cependant, de nouveau, dans l'étude de Hill et coll. (1998) comme dans celle de Kirby et coll. (2010), les échantillons d'enfants porteurs d'un TDC sont faibles ($n = 11$) et les critères d'inclusion sont discutables concernant les comorbidités (3 enfants porteurs d'un TDA/H sur les 11 enfants porteurs d'un TDC dans l'étude de Kirby et coll., 2010).

Les praxies digitales (par exemple mouvements d'opposition des doigts), les gnosies digitales qui consistent en la reconnaissance des doigts touchés (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012) et la fonction tactile (Cox et coll., 2015) apparaissent également affectées, le déficit de la fonction tactile étant corrélé au niveau d'écriture de l'enfant.

Par ailleurs, il est remarqué un déficit de la perception kinesthésique transmodale avec la fonction visuelle lorsque l'enfant présentant un TDC doit reconnaître sur un écran l'animal touché avec les mains cachées (Coleman et coll., 2001). On trouve également un manque d'affirmation de la préférence manuelle (Hill et coll., 1998) et une irrégularité temporelle de la marche (Woodruff et coll., 2002 ; Morisson et coll., 2013). Cependant, de plus amples investigations avec une méthodologie appropriée sont nécessaires dans ces domaines.

Du point de vue psychomoteur et moteur, il apparaît que l'enfant présentant un TDC, contrairement à ce que l'on pourrait attendre du développement de ses acquisitions motrices de base (tenue assise, marche autonome), peut avoir un développement psychomoteur dans la norme (DF-MOT, Vaivre-Douret, 2004) ou dans les limites de la normale, avec une station assise acquise en moyenne autour de 7-8 mois, au maximum à 9 mois, et une marche autonome acquise entre 13 et 18 mois. Certains d'entre eux peuvent cependant présenter un retard notable dans leurs premières acquisitions motrices développementales (au moins un écart-type en dessous de la moyenne) et auront un profil plus particulier, voire renforcé sur les troubles du tonus et de la coordination, mais cela n'est pas pour autant prédictif d'un TDC. En effet, cela peut relever d'un trouble moteur de la commande motrice (d'origine pyramidale) ou d'un déficit neuromusculaire d'ordre génétique, voire d'un trouble plus global de la coordination associé à des troubles cognitifs ou/et de la communication sociale comme dans les troubles du spectre de l'autisme. Un diagnostic différentiel s'impose alors.

Les déficiences neuropsychologiques

D'autres études cliniques s'intéressent aux déficits neuropsychologiques mettant en évidence d'une part, des difficultés de planification mentale et d'inhibition concernant les fonctions exécutives (Toussaint et coll., 2013).

Cependant, dans l'étude récente de Vaivre-Douret et coll. (2016), il apparaît une corrélation entre un trouble de la planification mentale qui relève des fonctions exécutives ($p < 0,01$), avec la présence d'un trouble de la commande motrice (motricité volontaire concernant le faisceau pyramidal pour l'exécution du mouvement) à type de spasticité distale discrète (qui consiste en une hypertonie musculaire à l'étirement lors de la flexion dorsale du pied), jamais examinée dans toutes les études sur le TDC. La présence de ce trouble est associée à une augmentation significative des troubles de la dextérité et de la coordination globale et à des dysdiadococinésies (incapacité de réaliser rapidement des mouvements alternatifs comme la pronosupination du poignet) ($p < 0,001$).

D'autre part, si l'enfant présentant un TDC est un enfant porteur de capacités intellectuelles dans la norme (quotient intellectuel, QI > 70), voire très élevées pour certains dits précoces (QI > 130), il apparaît dans les observations cliniques descriptives une dissociation au niveau psychométrique (échelles d'intelligence de Wechsler WPPSI-R, WISC-III, etc.) entre quotient intellectuel verbal (QIV) et quotient intellectuel de performance (QIP). Seulement quelques auteurs ont méthodologiquement recueilli des preuves scientifiques d'une dissociation psychométrique marquée par un déficit du QIP avec des compétences verbales préservées (QIV), dissociation qui apparaît essentiellement significative aux sous-tests cubes, assemblage d'objets, figures géométriques, carrés (Coleman et coll., 2001 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012). Plus le TDC s'accompagne de comorbidités et moins il existe de différence entre QIV et QIP, les deux quotients tendant eux-mêmes à diminuer (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b).

Quant aux troubles perceptifs visuels et neurovisuels dont l'oculomotricité, ils ont été peu évalués systématiquement dans les cohortes d'études sur le TDC. Il apparaît dans l'étude de Vaivre-Douret et coll. (2011a et b) qu'il ne faut pas confondre un trouble perceptif visuo-moteur et un déficit perceptif visuel/visuo-spatial. Ce dernier n'apparaît pas spécifique au TDC mais peut avoir un impact indéniable sur le geste à accomplir. Sur le plan neurovisuel, il apparaît à l'électro-oculographie dans le TDC une déficience des poursuites visuelles horizontales chez l'enfant d'âge scolaire de niveau primaire (Langaas et coll., 1997, Robert et coll., 2014). De plus, les poursuites oculomotrices verticales sont plus particulièrement affectées à 70 % dans les études de

Vaivre-Douret et coll. (2011b) et de Robert et coll. (2014), tout en prenant en compte que la maturation de la poursuite verticale est plus tardive que la poursuite horizontale (Ingster-Moati et coll., 2009). Une étude récente utilisant un *eye-tracker* (Sumner et coll., 2016) confirme que la qualité des poursuites visuelles horizontales ne se différencie pas entre un groupe TDC (critères du DSM-5 et MABC < 16^e percentile) et contrôle, mais ces auteurs suggèrent des difficultés lors de la fixation et plus d'erreurs d'anti-saccades (tâche oculaire pour inhiber des saccades) en faveur du groupe TDC, évoquant un déficit d'inhibition et de maintien de l'attention visuelle. Cependant, les sujets n'ont bénéficié que d'un questionnaire sur les troubles de l'hyperactivité/concentration, il est regrettable qu'aucune épreuve cognitive ne vienne corroborer ce déficit.

Prise en compte simultanée des différentes fonctions

L'hétérogénéité concernant les critères méthodologiques utilisés et les résultats des études met en évidence l'importance de réaliser des évaluations standardisées pluridisciplinaires et normées d'un ensemble de fonctions en jeu dans le TDC pour permettre d'isoler des groupes d'enfants sans comorbidité et de comprendre plus finement la sémiologie du trouble et ses déficiences.

À l'heure actuelle, seules quelques études (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012) prennent simultanément en compte l'évaluation des fonctions psychologiques, neuropsychomotrices, neuropsychologiques et neurovisuelles (électro-oculographie, EOG ; électro-rétinogramme, ERG ; potentiels évoqués visuels, PEV), permettant une approche et une compréhension plus fine des déficiences et compétences des enfants porteurs d'un TDC avec une méthodologie de critères d'inclusion/exclusion stricts (pas de TDA/H, ni de troubles sensoriels et perceptifs visuels, etc.).

Ces études ont permis de mettre en évidence des variables significativement corrélées entre elles et spécifiquement déficitaires ($p < 0,05$) chez les enfants porteurs d'un TDC discriminant trois groupes cliniques à l'aide d'analyses statistiques multivariées. Un groupe TDC idéomoteur pur affecté à la fois au niveau des praxies digitales, des gnosopraxies (imitation de gestes des mains et doigts) et des gnoses digitales avec un marqueur développemental important dans ce groupe qui est la non-acquisition du quatre pattes pour 65 % des enfants et souvent la présence d'une hypotonie de fond. Un groupe TDC visuo-spatial et/ou visuo-constructif pur, déficitaire au niveau de l'intégration visuo-motrice, de la structuration visuo-spatiale motrice et au niveau

visuo-constructif ce qui se traduit notamment dans des activités ludiques LEGO® ou puzzles comme au niveau de l'habillage au quotidien. Un groupe TDC mixte associant ces mêmes déficiences (idéomotrices et visuo-spatiales-visuo-constructives) à des troubles spécifiques touchant la coordination motrice globale entre membres supérieurs et inférieurs, la coordination bimanuelle, la dextérité manuelle, la présence de syncinésies et de dysdiadococinésies, et une certaine comorbidité telle qu'un trouble de l'attention visuo-spatiale ou un trouble dysexécutif de planification mentale, voire un trouble de la commande motrice (sur l'hémicorps gauche ou bilatéral) découvert pour 35 % des patients tout-venant (spasticité distale discrète). Aussi, les investigations cliniques ont été assez exhaustives dans ces études, permettant de mettre en évidence un certain nombre de fonctions dont l'altération n'apparaît pas comme étant propre au TDC, telles que la coordination globale, la latéralité, les fonctions exécutives de planification, l'attention auditive, la perception visuelle et gnosique, la vision (réfraction), la mémoire auditivo-verbale immédiate, de travail, et kinesthésique.

Tableau 13.1 : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Hill et Bishop, 1998	7-11 ans, droitiers TAC-TDC (n = 12) TSL (n = 20) GT : apparié en âge (n = 26) GT : 5-6 ans (n = 17)	MABC \leq 15 ^e percentile QI non verbal > 80 aux matrices de Raven NS > 80 au CELF-R Critères d'exclusion : atteinte neurologique	Préférence manuelle (tâche d'atteinte d'objets)	Faiblesse de la préférence manuelle chez TAC-TDC et TSL : atteinte avec main droite quand objet à droite et tendance atteinte avec main gauche quand objet à gauche
Hill et coll., 1998	7-13 ans TAC-TDC (n = 11) TSL (n = 19) GT : apparié en âge (n = 25) GT : 5-6 ans (n = 17)	MABC \leq 15 ^e percentile QI non verbal > 80 aux matrices de Raven NS > 80 au CELF-R Critères d'exclusion : atteinte neurologique	Production de gestes transitifs et intransitifs sur commande verbale et imitation	TAC-TDC et TSL : même type d'erreurs (partie du corps comme objet, configuration externe) Plus d'erreurs quand imitation Gestes correctement conceptualisés mais erreurs dans le séquençage du mouvement
Coleman et coll., 2001	4-5 ans À risque de développer un TAC-TDC (n = 31)	MABC \leq 15 ^e percentile Questionnaire développemental aux parents Critères d'exclusion : déficience intellectuelle, atteinte neurologique et/ou physique	Habilités motrices Perception kinesthésique (<i>Kinaesthetic Acuity Test</i> , KAT) QI (WPPSI-R)	Déficit QI perceptif (QIP) : cubes, assemblages d'objets, figures géométriques Scores plus faibles au KAT Difficulté d'intégration transmodale entre les systèmes kinesthésiques et visuels (le KAT fait intervenir la vision)
Woodruff et coll., 2002	6-7 ans TAC-TDC (n = 7)	Avis enseignants MABC \leq 15 ^e percentile Questionnaire MABC Questionnaire santé/activité Critères d'exclusion : non spécifiés	Variables spatio-temporelles de la marche (analyse du mouvement)	Est relevée plus de variabilité du modèle de marche dans le TAC-TDC
Rosenblum et coll., 2008	7-10 ans TAC-TDC (n = 20) GT (n = 20)	Diagnostic effectué par le pédiatre DSM-IV MABC \leq 15 ^e percentile <i>Children Activity Scale for Parents</i> (ChAS-P) Critères d'exclusion : trouble neurologique ou émotionnel connu, TSA, déficit physique, trouble visuel ou auditif	Lisibilité écriture (<i>Hebrew Handwriting Evaluation</i> , HHE) 3 variables spatio-temporelles de l'écriture : lettres effacées et/ou écrasées ; lettres méconnaissables ; disposition spatiale du texte (écriture prénom, alphabet de mémoire, copie d'un paragraphe sur tablette graphique / ComPET)	Variable la plus discriminante : nombre de lettres effacées et/ou écrasées Intérêt d'associer les mesures du produit (test papier-crayon) et du processus (variables spatio-temporelles avec tablette graphique)

Tableau 13.I (suite) : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Jolly et coll., 2010	TAC-TDC : CP (n = 1) TD : grande section de maternelle (n = 55) TD : CP (n = 60)	Diagnostic préalablement établi DSM-IV Pas de détails supplémentaires Critères d'exclusion : non significés	Lisibilité de l'écriture (BHK) Variables spatio-temporelles (copie de 6 lettres cursives entre deux lignes puis dictée des 6 mêmes lettres 8 semaines plus tard ; sur tablette graphique)	Cas clinique : score de dégradation au BHK < +2 ET et score de vitesse au BHK < 1 ET Lettres de moins bonne qualité et moins fluide que les enfants de CP La tâche de dictée, qui demande une représentation mentale, entraîne une plus faible qualité et fluidité de l'écriture chez l'enfant TAC-TDC
Kirby et coll., 2010	9-11 ans TAC-TDC (n = 11, dont 3 TDA/H) GT (n = 28)	Diagnostic préalablement établi DSM-IV MABC \leq 5 ^e percentile DCDQ1 Critères d'exclusion : trouble développemental, trouble des apprentissages sévère, déficience intellectuelle	Planification du mouvement (tâche expérimentale de traversée d'une rivière) Inattention, hyperactivité, impulsivité (SNAP-IV)	Difficultés de planification, d'exécution et de correction du mouvement et comportements inconsistants Score d'inattention élevé (73 % d'entre eux) Score d'hyperactivité élevé (27 % d'entre eux)
Sinani et coll., 2011	9-11 ans TAC-TDC repéré à l'école (retard développemental) (n = 26) TAC-TDC clinique (pathologie) (n = 19) GT : apparié en âge (n = 24) GT : 5-6 ans (n = 23) GT : 4-5 ans (n = 26)	Questionnaire MABC MABC \leq 15 ^e percentile DSM-IV-TR Critères d'exclusion : troubles neuromoteurs et/ou médicaux, troubles des apprentissages, TSA, trouble de langage, TDA/H	Reproduction de gestes transitifs et intransitifs présentés selon différentes modalités (mime, imitation réciproque, commande verbale sans démonstration, reconnaissance tactile et imitation, utilisation d'objets)	Capacité réduite à reproduire des gestes familiers, dépendant du type de geste et de la modalité de présentation.

Tableau 13.I (suite) : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Vaivre-Douret et coll., 2011a et 2011b	5-15 ans TAC-TDC (n = 43)	DSM-IV-TR NP-MOT EMG (gnosopraxies) QI WPPSI, WISC-III Questionnaire anamnestique, médical et scolaire Critères d'exclusion : TDA/H, troubles du langage, psychopathologie, trouble neurologique ou sensoriel avéré, trouble perceptif visuel, médication ou rééducation, prématurité (< 37 SA)	Psychométrie (QI) Fonctions neuro-psychomotrices ; batterie NP-MOT normée (tonus, neuromotricité, réflexes latéralité, motricité dynamique et statique, praxies unilat séquentielles, bilatérales, praxies transitives, gnosies digitales, dextérité, intégration spatiale corps, rythme, attention auditive soutenue et sélective, gnosopraxies imitation de gestes) Fonctions neuropsychologiques Fonctions motrices visuo-spatiale (Rey) et visuo-constructive (khos), intégration visuo-motrice (VMI), mémoire auditivo-verbale et MT, kinesthésique, fonctions exécutives planification (laby+ tour de Londres), attention visuo-spatiale (barrage horizontal de O), langage Neel, Odedys, écriture (Ajuriaguerra), perceptions visuelles (Frostig, lignes enchevêtrées, et fruits enchevêtrés) Fonctions neurovisuelles Poursuites visuelles, ERG, PEV Structures anatomiques (IRM)	3 groupes cliniques : TAC idéomoteur pur (IM) au niveau des praxies digitales, des gnosopraxies et des gnosies digitales ; TAC visuo-spatial et/ou visuo-constructif pur (VSC) au niveau de l'intégration visuo-motrice, la structuration visuo-spatiale motrice et le visuo-spatial constructif moteur ; TAC mixte (MX) : IM + VSC + troubles spécifiques + comorbidités QIV > QIP (moins dissocié dans TAC MX) Trouble pyramidal (35 %) Trouble de l'écriture (88 %) dont dysgraphie (19 %) Trouble de l'habillage (73 %) Absence de corrélation IRM et TAC-TDC Échecs WPPSI-R : figures géométriques (70 %), assemblage d'objets (70 %), complément d'images (50 %), carrés (70 %), arithmétique (80 %) Échecs WISC-III : cubes (73 %), assemblage d'objets (70 %), codes (63 %), arithmétique (50 %)

Tableau 13.I (suite) : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Lalanne et coll., 2012	5-15 ans TAC-TDC (n = 63)	DSM-IV-TR NP-MOT EMG (gnosopraxies) QI WPPSI, WISC-III Questionnaire anamnestique, médical et scolaire Critères d'exclusion : TDA/H, troubles du langage, psychopathologie, trouble neurologique ou sensoriel avéré, trouble perceptif visuel, médication ou rééducation, prématurité (< 37 SA)	Psychométrie (QI) Fonctions neuro-psychomotrices Fonctions neuropsychologiques Fonctions neurovisuelles Structures anatomiques (IRM)	Marqueurs les plus discriminants pour expliquer la spécificité des trois groupes cliniques de TAC-TDC : praxies digitales, imitation de gestes, perception digitale, intégration visuo-motrice, dextérité manuelle, structuration visuo-spatiale, coordination entre membres supérieurs et inférieurs, blocs de LEGO® Le taux de prédiction (modèles multivariés) calculé sur l'échantillon de test était largement acceptable : 100 % pour la méthode RF et 94 % (IC à 95 %, 0,713-0,999) pour la méthode PLS
Morisson et coll., 2013	7-8 ans TAC-TDC (n = 14)	Pas d'information concernant le diagnostic de TAC-TDC Critères d'exclusion : problème médical pouvant affecter la marche	Posture du pied (indice de posture du pied) Hypermobilité du membre inférieur Caractéristiques spatio-temporelles de la démarche	Les orthèses plantaires ont un effet bénéfique chez les enfants porteurs d'un TAC-TDC en leur permettant de diminuer la cadence de marche et d'augmenter la double durée du soutien
Prunty et coll., 2013	8-14 ans TAC-TDC (n = 28) GT (n = 28)	MABC ≤ 10 ^e percentile Anamnèse DSM-IV Critères d'exclusion : déficience physique, sensorielle ou neurologique, prématurité (< 39 SG), TDA/H (mais 7 enfants ayant un score d'hyperactivité élevé au SDQ)	Pour comprendre la lenteur d'écriture dans le TAC-TDC : – vocabulaire (BPVS-2) – comportement (SDQ) – lecture, orthographe (BAS-II) – <i>Detailed Assessment of Speed of Handwriting</i> (DASH) – Analyse temporelle par tablette graphique	La lenteur d'écriture dans le TAC-TDC est due à des temps de pauses plus élevés
Rosenblum et coll., 2013	11-12 ans TAC-TDC (n = 29) GT (n = 29)	Diagnostic préalable par un ergothérapeute expert et un pédiatre DSM-IV MABC ≤ 5 ^e percentile Critères d'exclusion : troubles émotionnels connus, TSA, déficience physique ou neurologique, trouble visuel ou auditif	Lisibilité de l'écriture : questionnaire à l'enseignant HPSQ + <i>Hebrew Handwriting Evaluation</i> (HHE) Caractéristiques spatio-temporelles de l'écriture avec tablette graphique	Plus de temps de pauses sur papier et en l'air pendant la copie Moins bonne lisibilité de l'écriture, plus de lettres méconnaissables et moins bonne disposition spatiale

Tableau 13.1 (suite) : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Toussaint et coll., 2013	8-12 ans TAC-TDC (n = 13) dont 2 TDA/H (1 sous médication) GT : apparié en sexe, âge et niveau scolaire (n = 13)	25 critères diagnostics de la dyspraxie (non décrits dans l'article) proposés par Gérard et Dugas (1991) ^a Critères d'exclusion : trouble dyslexique important ne permettant pas la lecture de la recette de cuisine proposée dans le protocole. QIV ou ICV < 70	Flexibilité mentale (<i>Trail Making Test</i>) Planification (tour de la Nepsy) Planification et recherche de mots dans la mémoire à long terme (fluence verbale de la Nepsy) Attention, flexibilité et inhibition (attention auditive et réponses associées Nepsy) ; Inhibition et impulsivité (appariement d'images) Planification, organisation des tâches (test des six parties BADS-C) Mémoire prospective (<i>Rivermead Behavioral Memory Test</i>) Mémoire de travail, planification, comportement (BRIEF parents ; <i>Dysexecutive Questionnaire for Children</i> , DEX-C) Gestion de situations multitâches (tâche de cuisine écologique)	Résultats des tests neuropsychologiques : trouble de la planification, trouble de l'inhibition, pas de trouble de la flexibilité Résultats des questionnaires : trouble des fonctions exécutives chez plus de la moitié des enfants Tâche de cuisine : + d'erreurs ; les troubles des fonctions exécutives sont mieux objectivés par la tâche écologique que par les tests Les enfants dyspraxiques ne sont pas touchés qu'au niveau de la planification motrice mais également concernant les fonctions exécutives
Bo et coll., 2014	7-12 ans TAC-TDC probable (n = 12) GT (n = 7)	1 seul critère : MABC-2 < 15 ^e percentile Critères d'exclusion : non spécifiés	Intégration visuo-motrice, visuo-perception et coordination motrice (3 tâches du VMI) Qualité et vitesse d'écriture (<i>Minnesota Handwriting Assessment</i> , MHA) Consistance spatio-temporelle de l'écriture (tablette graphique)	Faibles scores au VMI et au MHA Variabilité temporelle de l'écriture Le score à l'épreuve des trajets du MABC-2 concorde avec la variabilité temporelle repérée par la tablette graphique

Tableau 13.I (suite) : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Cox et coll., 2015	6-12 ans TAC-TDC (n = 20) GT (n = 17)	MABC-2 \leq 15 ^e percentile DSM-5 Critères d'exclusion : non spécifiés	Vitesse et précision de l'écriture (<i>Evaluation Tool of Children's Handwriting, ETCH</i>) Perception spatiale tactile (<i>Single Point Localisation, SPL</i>) Discrimination tactile (<i>Two-point discrimination, 2PD</i>) ; Perception haptique (stéréognosies) Vitesse dans des tâches manuelles quotidiennes simples (JTTHF) Enregistrement tactile (<i>Semmes Weinstein Monofilaments, SWM</i>)	Le déficit de la fonction tactile est significativement corrélé au niveau d'écriture Le déficit des performances motrices du membre supérieur est prédit par le degré de déficit de perception spatiale tactile et de perception haptique

GT : groupe témoin ; MT : mémoire de travail ; NS : non significatif ; TAC : trouble de l'apprentissage de la coordination (appellation antérieure de TDC) ; TSA : troubles du spectre de l'autisme ; TSL : trouble spécifique du langage.

^a Gérard et Dugas (2011) mettent en évidence trois types de dyspraxie. Type I (36 % des cas) : troubles praxiques et difficultés d'expression verbale. Type II (36 %) : perturbation des praxies constructives et éléments spatiaux de la dysgraphie. Type III (23 %) : association des difficultés motrices avec un trouble de l'attention et une impulsivité (Albaret, 1999).

RÉFÉRENCES

American Psychiatric Association (APA). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Arlington, VA : American Psychiatric Publishing, 2013.

Bo J, Colbert A, Lee CM, *et al.* Examining the relationship between motor assessments and handwriting consistency in children with and without probable developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 2035-43.

Boudia B. Évaluation neuropsychologique de l'enfant dyspraxique : intérêts des données issues de la psychométrie : la dyspraxie. *ANAE* 2011 ; 23 : 39-41.

Coleman R, Piek JP, Livesey DJ. A longitudinal study of motor ability and kinaesthetic acuity in young children at risk of developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 95-110.

Cox LE, Harris EC, Auld MI, *et al.* Impact of tactile function on upper limb motor function in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2015 ; 45-46 : 373-83.

Gérard C, Dugas M. Dyspraxie de développement : proposition de typologie. À propos de 51 cas. *Ann Réadapt Méd Phys* 1991 ; 34 : 325-32.

Goodman R. The strengths and difficulties questionnaire: a research note. *J Child Psychol Psychiatry* 1997 ; 38 : 581-6.

Henderson SE, Sugden DA, Barnett A. *Movement assessment battery for children* (MABC). London, UK : The Psychological Corporation, 1992. Adaptation française par Soppelsa R et Albaret JM. *Manuel de la batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant*. Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée (ECPA), 2004.

Henderson SE, Sugden DA, Barnett A. *Movement assessment battery for children* (2nd ed.). *Movement ABC-2) : Examiner's manual*. London : Harcourt Assessment, 2007. Adaptation française par Marquet-Doléac J, Soppelsa R et Albaret JM. *Mouvement ABC. Batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant* (2^e ed). Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée (ECPA)-Pearson, 2016.

Hill EL, Bishop DVM. A reaching test reveals weak hand preference in specific language impairment and developmental coordination disorder. *Laterality* 1998 ; 3 : 295-310.

Hill EL, Bishop DVM, Nimmo-Smith I. Representational gestures in developmental coordination disorder and specific language impairment: error-types and the reliability of ratings. *Hum Mov Sci* 1998 ; 17 : 655-78.

Ingster-Moati I, Vaivre-Douret L, Bui Quoc EB, *et al.* Vertical and horizontal smooth pursuit eye movements in children: a neurodevelopmental study. *Eur J Paediatr Neurol* 2009 ; 13 : 362-6.

Jolly C, Huron C, Albaret JM, *et al.* Analyse comparative des tracés de lettres cursives d'une enfant atteinte d'un trouble d'acquisition de la coordination et scolarisée en CP avec ceux d'enfants ordinaires de GSM et de CP. *Psychologie Française* 2010 ; 55 : 145-70.

- Kirby A, Sugden D, Edwards L. Developmental coordination disorder (DCD): more than just a movement difficulty. *J Res Special Ed Needs* 2010 ; 10 : 206-15.
- Lalanne C, Falissard B, Golse B, *et al.* Refining developmental coordination disorder subtyping with multivariate statistical methods. *BMC Med Res Methodol* 2012 ; 12 : 1-14.
- Langaas T, Mon-Williams M, Wann JP, *et al.* Eye movements, prematurity and developmental coordination disorder. *Vision Res* 1997 ; 38 : 1817-26.
- Lopez C, Hemimou C, Dutruel A, *et al.* L'organisation développementale du geste graphomoteur chez l'enfant : résultats préliminaires. *Neurophysiol Clin* 2016 ; 46 : 268.
- Lopez C, Hemimou C, Vaivre-Douret L. Nature des troubles de l'écriture chez des enfants porteurs d'un trouble de l'acquisition de la coordination (TAC). In : *Entretiens de Bichat. Les Entretiens de Psychomotricité*. Paris, France : Expansion scientifique française, 2016b : 29-35.
- Mazeau M. *Déficits visuo-spatiaux et dyspraxies de l'enfant : du trouble à la rééducation*. Paris, France : Masson, 1995.
- Morrison SC, Ferrari J, Smillie S. Assessment of gait characteristics and orthotic management in children with developmental coordination disorder: preliminary findings to inform multidisciplinary care. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 3197-201.
- O'Hare L, Khalid S. The association of abnormal cerebellar function in children with developmental coordination disorder and reading difficulties. *Dyslexia* 2002 ; 8 : 234-48.
- Prunty MM, Barnett AI, Wilmut K, *et al.* Handwriting speed in children with developmental coordination disorder: are they really slower? *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 2927-36.
- Robert MP, Ingster-Moati I, Albulsson E, *et al.* Vertical and horizontal smooth pursuit eye movements in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2014 ; 56 : 595-600.
- Rosenblum S, Livneh-Zirinski M. Handwriting process and product characteristics of children diagnosed with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 200-14.
- Rosenblum S, Margieh JA, Engel-Yeger B. Handwriting features of children with developmental coordination disorder: results of triangular evaluation. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 4134-41.
- Sinani C, Sugden DA, Hill EL. Gesture production in school vs. clinical samples of children with developmental coordination disorder (DCD) and typically developing children. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1270-82.
- Sumner E, Hutton SB, Kuhn G, *et al.* Oculomotor atypicalities in developmental coordination disorder. *Dev Sci* 2016 ; 21. doi: 10.1111/desc.12501.
- Toussaint-Thorin M, Marchal F, Benkhaled O, *et al.* Executive functions of children with developmental dyspraxia: assessment combining neuropsychological and ecological tests. *Ann Phys Rehabil Med* 2013 ; 56 : 268-87.

Vaivre-Douret L. *Précis théorique et pratique du développement moteur du jeune enfant ; normes et dispersions* (2^e ed). Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée (ECPA)-Elsevier, 2004.

Vaivre-Douret L. Approche des troubles d'apprentissage par le bilan psychomoteur. *ANAE* 2009 ; 21 : 357-63.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Cabrol D, *et al.* Identification de critères diagnostiques des sous-types de troubles de l'acquisition de la coordination (TAC) ou dyspraxie développementale. *Neuropsychiatr Enfance Adolesc* 2011a ; 59 : 443-453.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Golse B. Developmental coordination disorder, an umbrella term for motor impairments in children: nature and co-morbid disorders. *Front Psychol* 2016 ; 7 : 502.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Ingster-Moati I, *et al.* Subtypes of developmental coordination disorder: research on their nature and etiology. *Dev Neuropsychol* 2011b ; 36 : 614-43.

Watter P, Rodger S, Marinac J, *et al.* Multidisciplinary assessment of children with developmental coordination disorder: using the icf framework to inform assessment. *Phys Occup Ther Pediatr* 2008 ; 28 : 331-52.

Woodruff SJ, Bothwell-Myers C, Tingley M, *et al.* Gait pattern classification of children with developmental coordination disorder. *Adapt Phys Activity Q* 2002 ; 19 : 378-91.